

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-143595

(P2001-143595A)

(43) 公開日 平成13年5月25日(2001.5.25)

(51) Int. C1. 7

識別記号

H01H 59/00

B81B 3/00

7/02

H01L 29/84

F I

テーマコード(参考)

H01H 59/00

B81B 3/00

7/02

H01L 29/84

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5

OL

(全7頁)

(21) 出願番号

特願2000-269664(P2000-269664)

(22) 出願日

平成12年9月6日(2000.9.6)

(31) 優先権主張番号 397313

(32) 優先日 平成11年9月16日(1999.9.16)

(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390009597

モトローラ・インコーポレイテッド

MOTOROLA INCORPORATED

アメリカ合衆国イリノイ州シャンバーグ、  
イースト・アルゴンクイン・ロード1303

(72) 発明者 ジィ・グィング・サン

アメリカ合衆国アリゾナ州チャンドラー、  
アパート236、ウェスト・ノーバル・プレ  
イス100

(74) 代理人 100091214

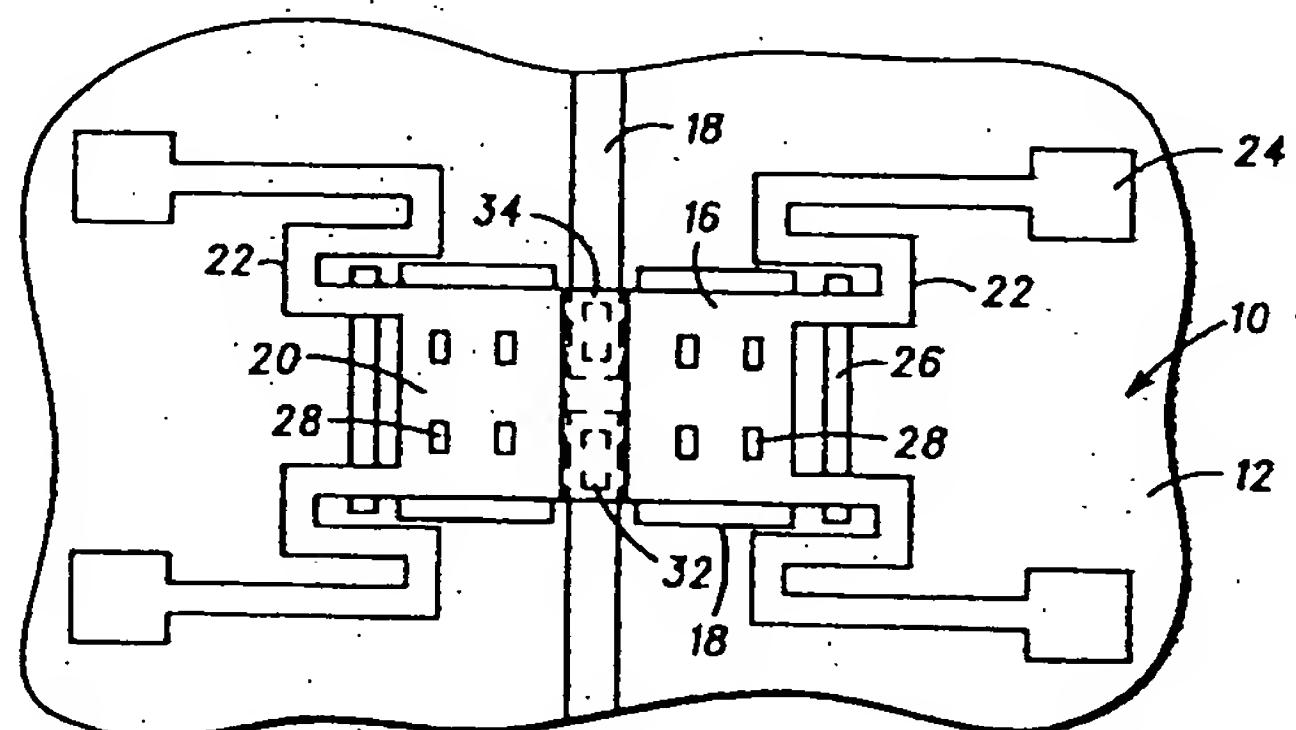
弁理士 大貫 進介(外1名)

(54) 【発明の名称】マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチをベースにした折り返しバネとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチをベースにした折り返しバネとその製造方法が提供される。

【解決手段】マイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ10は、バネ懸架装置22の上に懸架されたマイクロプラットフォーム構造20を用いて、基板12上に形成される。バネ懸架装置は、1つの端部でアンカー構造24に付着されて、信号ライン18上で、実質的に直交する方向で伸びる。マイクロプラットフォーム20は、信号ライン内の間隙21に面して配置される短絡片34を有し、電気接点ポストが、信号ライン上に形成されて、コンデンサ構造を形成し、このコンデンサ構造は、選択された電圧が印加されると、静電気より、底部電極14の方向に引きつけられる。このスイッチは、20GHzにおける電気的分離が35dB、挿入損が0.5dBの状態で、DCから少なくとも50GHzまで機能する。RFスイッチは、ワイヤレス通信を含む電気通信において用途を有する。



BEST AVAILABLE COPY

うに一端が固定されている。動作において、片持ちアクチュエータが  $o_n$  に切り替わると、スイッチの短絡片と固定電気接点との間には、線路接点のみが作られる。そのため、微小スイッチの耐荷重は、アークおよび溶接上の問題（図2参照）によって、極めて制限される。

【0004】膜構造をベースにし、かつ基板に対して複数の側面で固定される微小スイッチが、米国特許第5,619,061号に記載される。この膜構造は、薄膜応力を受けやすく、膜の原位置での処理中に生じる可能性がある曲がりに対する耐性がほとんどない。そのため、これらの素子は機能上故障をよく起こす。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】したがって、DCから少なくとも 50 GHz までの信号周波数において、 $o_n$  から  $o_{ff}$  まで、幅広いダイナミック・インピーダンス・レンジを提供し、かつ大きな耐荷重を有するマイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチ用電気通信システムに対する必要性が依然存在する。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、50 GHz までの信号周波数を処理できる一方で、 $o_{ff}$  状態のときに極めて良好な電気的分離を維持し、かつ、 $o_n$  状態のときに、大きな荷重に耐える一方で、挿入損を最小に維持できる微小機械マイクロ・エレクトロメカニカル・スイッチによって構成される。

【0007】好適な実施例において、このRFスイッチは、アンカー構造を介して、複数の折り返しバネ懸架装置により基板に接続される懸垂型のマイクロプラットフォームを有する、電気絶縁基板の上に作製される。このマイクロプラットフォーム構造は、基板上の信号ラインにより形成される空隙内で、同時平面-平面電気接点を設ける。プラットフォーム上有る上部電極は、基板上の信号ラインの上に、コンデンサ構造を形成し、このコンデンサ構造は、上部電極とプラットフォームを通して伸びる穴のグリッドを含むことが好ましい場合がある。これらの穴は、プラットフォームと底部電極との間の間に匹敵する寸法を有することが望ましく、これらはまた、素子の大きさを低減するのにも役立つ。このスイッチは、上部電極に電圧を印加することによって起動される。電圧が印加されると、静電力によって、プラットフォーム上のコンデンサ構造が、信号ラインに引き付けられて、信号ライン内の間隙を閉じる。このスイッチは、20 GHzにおいて、電気的分離が 35 dB、挿入損が 0.5 dB の状態で、DCから少なくとも 50 GHz まで機能する。

【0008】微小機械スイッチを形成する工程は、フォトダッシュ (photodash) マスクにより、低温 (250 °C) 工程を用いて、スイッチが、マイクロ波回路と無線周波数集積回路と共に集積できるようにする。微小機械スイッチの用途は、電気通信業界、特に無線セルラ電話

に属する。

【0009】本発明のプロトタイプに示されるように、マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチは、25 ボルトで通常の  $o_{ff}$  状態（開路）から  $o_n$  状態に切り替わり、ほぼゼロ電力のときいずれかの状態に維持できる。周囲の低圧ヘリウムでは、スイッチの閉時間と開時間は、20 マイクロ秒のオーダーである。スイッチは、少なくとも 50 mA の電流を取り扱うことができる。

【0010】RFスイッチの目的は、所望のRF分離を得るために、信号ライン間隙の面積を正確に制御し、かつ大きな電力処理能力を有しながら、低いRF挿入損をもたらすことである。

#### 【0011】

【実施例】本発明は、高速で動作し、DCから少なくとも 50 GHz までの範囲をとる周波数で、高電力RF信号を処理するRFスイッチを有する用途向けに設計された、マイクロ・エレクトロメカニカルRFスイッチである。

【0012】図3に示される好適な実施例において、スイッチ10は、例えば、GaAs基板、ガラス基板、酸化シリコン・ウエハまたはプリント回路板（PCB）などの電気的に絶縁された材料から構成される基板12上に作製される。このスイッチは、マスキング、エッチング、堆積およびリフトオフを含む微小作製技術を用いて、セラミック板によって作製されることが望ましい。スイッチ10は、アンカー構造24によって、基板12に付着される。このアンカー構造24は、堆積ビルドアップまたは周囲材料をエッチングで除去することによって、基板12上に、メサとして形成できる。底部電極14は、通常、接地に接続されており、信号ライン18はまた、基板12上に形成される。底部電極14と信号ライン18は一般に、例を挙げれば、金、プラチナのような容易に酸化されない金属の微小片で構成され、金属は例えば、基板12の上に堆積される。信号ライン18により形成される間隙21は、図5および図6に示されるように、スイッチ10を起動することにより、開閉される。

【0013】スイッチ10の起動部分は、マイクロプラットフォーム構造20を収容しており、この構造は間隙21の上に懸架され、図3に示されるように、折り返しバネ22により、アンカー24に付着された対称的に平坦構造であることが望ましい。折り返しバネ22は直角に曲げられ、アンカー24と懸垂式プラットフォーム20との間に直交するように配置される。4つの折り返しバネが、図3に示されるように、4つのアンカー24から、マイクロプラットフォーム20の4つの角のそれぞれに付着される。

【0014】折り返しバネ22の平行する2つの部分の長さは、図4に示されるように、それぞれ  $L_1$ ,  $L_2$  である。長さ  $L_1$ ,  $L_2$  は、図4に示されるように、單一

の上部に形成される。上部電極16は、アンカー構造24の上から始まって、プラットフォーム20の上部に沿って伸びる。選択的には、スイッチの動作性能を向上させるために、プラットフォーム20は、上部電極16まで伸びる穴28のグリッドを含むように形成できる。これらの穴は通常、例えば、1から10ミクロンの寸法を有する。

【0027】動作において、スイッチ10は、図5に示されるように、通常off位置にある。スイッチ10がoff位置にあるとき、信号ライン18は、間隙21および信号ライン18の分離によって開路となる。スイッチ10は、上部電極16に電圧を印加することにより、「on」位置に駆動される。上部電極16に電圧が印加された状態で、静電力が、プラットフォーム20を底部電極14の方に引きつけ、これにより、短絡片34は接点ポスト32とともに、間隙21を閉じ、信号ライン18を、図6に示されるように、「on」状態に置く。

【0028】好適な環境において、接点ポスト32は、信号ライン18上で、底部電極14を超える高さまで伸び、これにより、図5に示されるように、接点ポスト32と短絡片34との間に比較的狭い隙間を残す。「on」位置において、プラットフォーム20は、基板の方に動き、短絡片34は、下に位置する固定された接点ポスト32と接触して、図6に示されるように、低抵抗スイッチon信号を生じる。プラットフォームがonに切り替わると、ランディング・バンパ26が、プラットフォーム20を支持して、小さな物理接触領域のみが、プラットフォーム20と底部電極14との間に作られる。

【0029】動作において、DCバイアスが、電極14、16にかけられ、マイクロプラットフォーム20が、接点ポスト32に向かって動くにつれ、バネが曲がる。折り返しバネ22によって懸架式プラットフォーム20が基板に付着しているので、この曲がりが達成される。バネ22は、変位のほとんどに寄与して、印加された電圧が、スイッチのしきい値を超えるにつれ、プラットフォーム20が、下に位置する接点ポスト32に接触するように平面を維持する。折り返しバネ22が、下に位置するランディング・バンパ26にいったん触れると、マイクロプラットフォーム20は、ランディング・バンパ26の周囲で変形して、底部電極14と部分的に物理接触し、かつ、それにより、図5および図6に示されるように、電荷注入および密着静止摩擦を低減する。このため、スイッチ10の対称構造と、プラットフォーム20が底部電極14の方向に移動するにつれて、平坦化を維持することは、短絡片34と接点ポスト32との平面-平面接触を確保して、アーカを妨げ、大きな電流容量を提供する。

【0030】短絡片34と接点ポスト32との間の平面-平面接触領域は、大きな電流容量を実現しやすいほど

に広い。

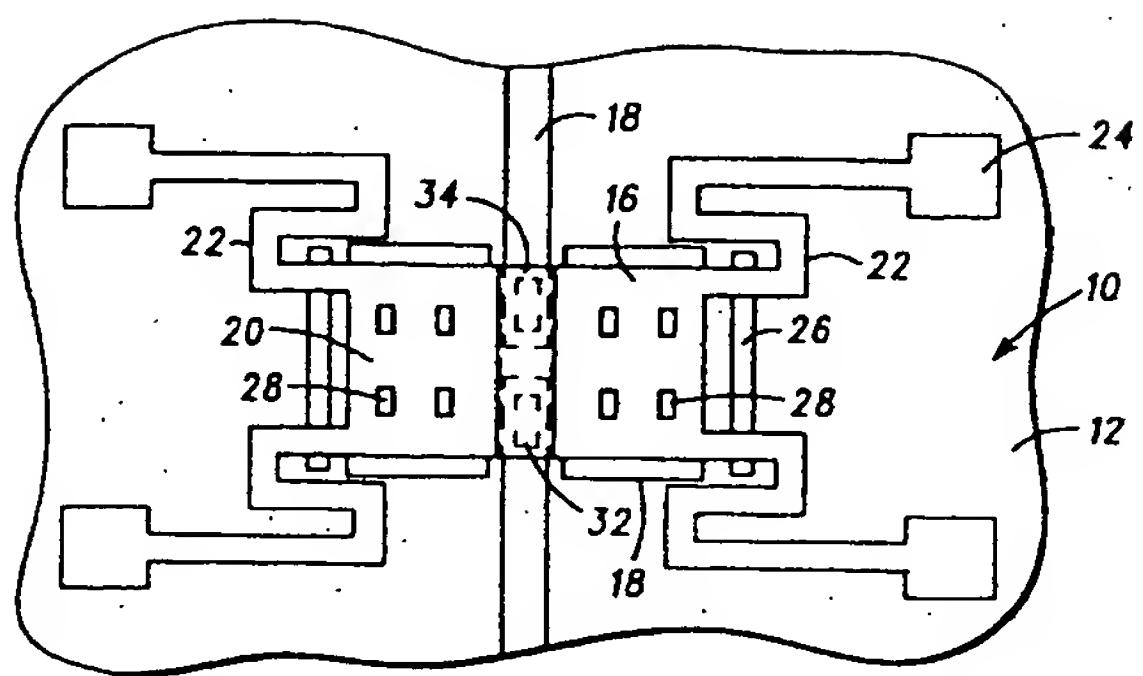
【0031】制限するのではなく、あくまでも例として示される、エレクトロメカニカル・スイッチ10を構築するに当たっての種々の構成部品の寸法と設計上の限界は、次の通りである。RFスイッチは、従来から技術上知られているように、6つのマスキング・レベルを用いて、表面微細作製技術を用いることにより作られる。製造工程は、半絶縁性のGaAsウェハ、完全絶縁性のガラスまたはセラミック・ウェハ、またはプリント回路板(PCB)など、熱的に酸化された高抵抗性のシリコン・ウェハとすることができる基板12から始まる。

【0032】マイクロプラットフォーム20、懸架式バネ22、アンカー24、短絡片34、接点ポスト32、信号ライン18、ランディング・バンパ26、電極14、16を形成するに当り、金属膜が、基板12の上に堆積されて、エッティングまたはリフトオフ技術によってパターン形成されて、RF信号ライン18と底部電極14を形成する。ポリイミド層が、基板12の上にスピンドルコートされ、ついで、350°Cを超えない温度で一連の熱硬化が行われる。第2ポリイミド層がコーティングされて、ハード硬化される。ついで、膜厚2.50nmのSiON膜36が、マスキング材料として堆積され、パターン形成される。ついで、酸素プラズマRIE(反応性イオン・エッティング)が適用されて、パターンを、下に位置する2つのポリイミド層に転写し、これにより、理想的なリフトオフ輪郭を形成する。500nmから2.0μmの範囲の膜厚を有する接点ポスト32とランディング・バンパの金属膜が、堆積される。金属リフトオフは、標準ポリイミド・ストリッパ内で、第2ポリイミド層を剥離させることによって完了する一方、第1ポリイミド層はそのまま、基板12上に残る。

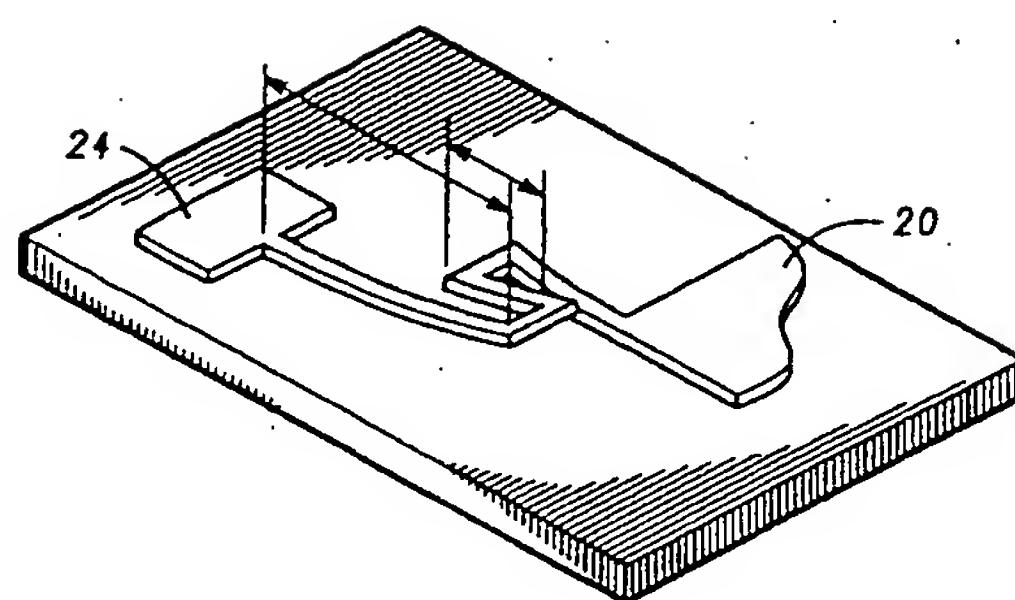
【0033】第2ポリイミド層がスピンドルコートされ、クロス・リンクされて、第1ポリイミド層とともに、犠牲層を形成する。第2ポリイミド層は、第1層と同一材料にして、2つの異なる材料によって引き起こされる熱膨張の不整合を回避することができる。アンカー構造24は、技術上知られる従来の方法を用いて、作製できる。例えば、ビアは、酸素プラズマRIEにおいて、アンカー領域周囲のポリイミド犠牲層38を除去することによって、形成できる。ついで、アンカー24は、ビアに金属を電解メッキするか、または3層金属リフトオフ工程のいずれかにより形成される。アンカー24は、ポリイミド犠牲層の膜厚に等しい膜厚を有することが望ましい。別の従来の方法では、比較的大きな面積のアンカーが、バネ22とマイクロプラットフォーム20の下にあるポリイミドを、横方向にアンダカットした後、懸架式構造を支持するのに十分なポリイミドを維持するように設計される。

【0034】300nmから1:5μmの範囲の膜厚を有する短絡片の金属層が、ポリイミドの上に堆積され

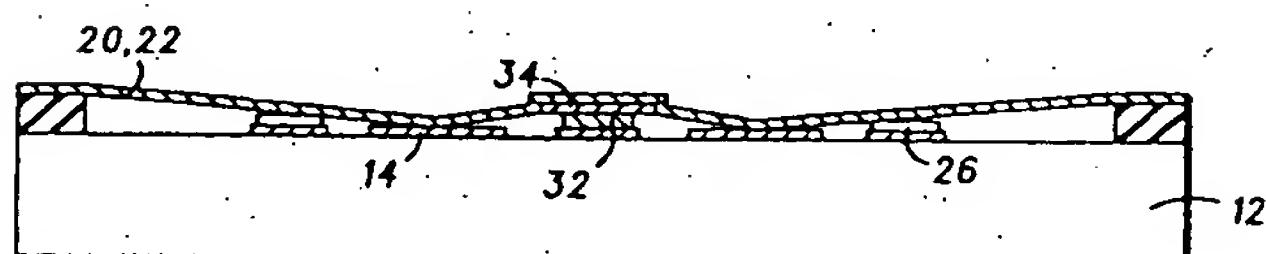
【図3】



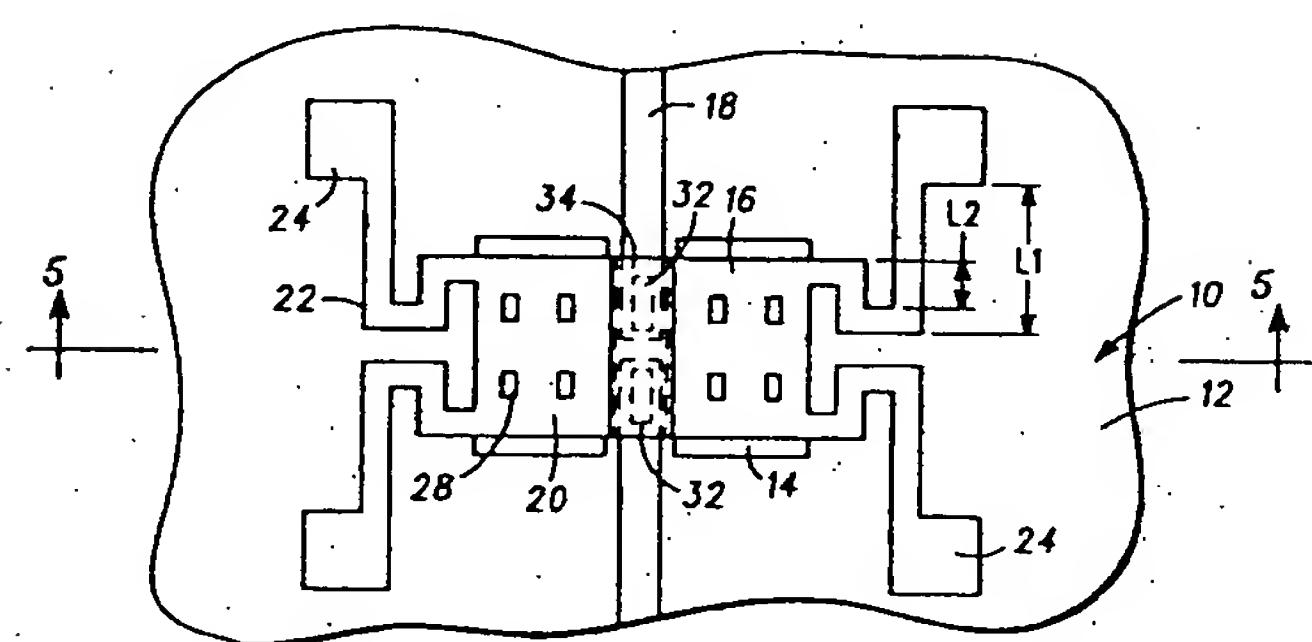
【図4】



【図6】



【図7】



BEST AVAILABLE COPY